

Ενδεικτική επίλυση

α) Αφού η σχετική μοριακή μάζα (M_r) της βάσης RNH_2 είναι ίση με 121, η μοριακή μάζα της RNH_2 είναι:

$$M = 121 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Τα mol της βάσης RNH_2 ($\text{C}_4\text{H}_{11}\text{NO}_3$) στο διάλυμα Δ1 είναι:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{2,42 \text{ g}}{121 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \Rightarrow n = 0,02 \text{ mol}$$

Η συγκέντρωση της RNH_2 στο διάλυμα Δ1 θα είναι:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow c = \frac{0,02 \text{ mol}}{2 \text{ L}} \Rightarrow c = 0,01 \text{ M}$$

Στο διάλυμα Δ1 πραγματοποιείται ιοντισμός της βάσης RNH_2 και οι συγκεντρώσεις των διαφόρων συστατικών μεταβάλλονται σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

| c (M) | $\text{RNH}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{RNH}_3^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ | | | |
|------------|--|--|---|---|
| αρχικά | 0,01 | | | |
| αντιδρούν | x | | | |
| παράγονται | | | x | x |
| τελικά | 0,01 - x | | x | x |

Για τη σταθερά ιοντικής ισορροπίας του παραπάνω ιοντισμού ισχύει:

$$K_{b_{\text{RNH}_2}} = \frac{[\text{RNH}_3^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{RNH}_2]} \Rightarrow 10^{-6} \text{ M} = \frac{x \cdot x}{10^{-2}} \text{ M} \Rightarrow x = 10^{-4} \text{ M}$$

Επομένως η συγκέντρωση του διαλύματος Δ1 σε OH^- είναι $[\text{OH}^-] = 10^{-4} \text{ M}$.

Το pOH του διαλύματος Δ1 είναι ίσο με 4 και το pH ίσο με 10.

β) Έστω ότι στο διάλυμα προστέθηκαν ψ mol HCl που περιέχονται σε V_{HCl} L του διαλύματος Δ2.

Προκειμένου το pH του διαλύματος Δ3 που θα προκύψει να είναι ίσο με 8 χρειάζεται να περισέψει ποσότητα βάσης RNH_2 .

Στο διάλυμα Δ1 περιέχονται:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c \cdot V \Rightarrow n = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,4 \text{ L} \Rightarrow n = 0,004 \text{ mol (της βάσης } \text{RNH}_2\text{)}$$

Με την προσθήκη HCl στο διάλυμα Δ1 θα πραγματοποιηθεί χημική αντίδραση και οι ποσότητες των διαφόρων συστατικών μεταβάλλονται όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

| mol | RNH ₂ (aq) + HCl(aq) → RNH ₃ Cl(aq) | | |
|------------|---|---|---|
| αρχικά | 0,004 | ψ | |
| αντιδρούν | ψ | ψ | |
| παράγονται | | | ψ |
| τελικά | 0,004 – ψ | 0 | ψ |

Το διάλυμα Δ3 έχει pH = 8, επομένως για τη [OH⁻] θα ισχύει [OH⁻] = 10⁻⁶ M.

Στο διάλυμα Δ3 περιέχεται η βάση RNH₂ με $c_{\text{RNH}_2} = \frac{0,004-\psi}{V_3}$ M και το άλας RNH₃Cl το οποίο

δίσταται δίνοντας το ιόν RNH₃⁺ με $c_{\text{RNH}_3^+} = \frac{\psi}{V_3}$ M (όπου V₃ ο όγκος του διαλύματος Δ3 με V₃ =

0,4+ V_{HCl} L) και το ιόν Cl⁻ που πρακτικά δεν αντιδρά με το νερό.

Οι συγκεντρώσεις των διαφόρων συστατικών μεταβάλλονται σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

| c (M) | RNH ₂ (aq) + H ₂ O(l) ⇌ RNH ₃ ⁺ (aq) + OH ⁻ | | | |
|------------|--|--|---|----------------------|
| αρχικά | c _{RNH₂} | | c _{RNH₃⁺} | |
| αντιδρούν | ω | | | |
| παράγονται | | | ω | ω |
| τελικά | c _{RNH₂} – ω ≈ c _B | | c _{RNH₃⁺} + ω ≈ c _{RNH₃⁺} | ω = 10 ⁻⁶ |

Για τη σταθερά ιοντισμού του RNH₃⁺ ισχύει:

$$K_{a_{\text{RNH}_3^+}} \cdot K_{b_{\text{RNH}_2}} = K_w \Rightarrow$$

$$K_{a_{\text{RNH}_3^+}} = \frac{K_w}{K_{b_{\text{RNH}_2}}} \Rightarrow$$

$$K_{a_{\text{RNH}_3^+}} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{10^{-6} \text{ M}} \Rightarrow$$

$$K_{a_{\text{RNH}_3^+}} = 10^{-8} \text{ M}$$

Για το ρυθμιστικό διάλυμα ισχύει η εξίσωση Henderson- Hasselbalch:

$$pH = pKa + \log \frac{c_{RNH_2}}{c_{RNH_3^+}} \Rightarrow$$

$$8 = -\log 10^{-8} + \log \frac{c_{RNH_2}}{c_{RNH_3^+}} \Rightarrow$$

$$\frac{c_{RNH_2}}{c_{RNH_3^+}} = 1 \Rightarrow$$

$$\frac{(0,004 - \psi) \text{ mol}}{\psi \text{ mol}} = 1 \Rightarrow$$

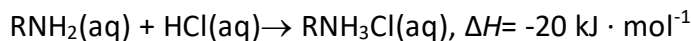
$$\psi = 0,002$$

Άρα θα πρέπει να προστεθούν 0,002 mol HCl, τα οποία περιέχονται σε όγκο του διαλύματος Δ2 που υπολογίζεται μέσω της σχέσης:

$$c = \frac{n}{V_{HCl}} \Rightarrow V_{HCl} = \frac{n}{c} \Rightarrow V_{HCl} = \frac{0,002 \text{ mol}}{0,005 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \Rightarrow V_{HCl} = 0,4 \text{ L}$$

Συνεπώς για να παρασκευαστεί το ζητούμενο ρυθμιστικό διάλυμα θα πρέπει στα 400 mL διαλύματος Δ1 να προστεθούν 400 mL διαλύματος Δ2.

γ) Σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση της εξουδετέρωσης της βάσης RNH₂ από HCl θα ισχύει:



Όταν αντιδρά 1 mol RNH₂(aq) με 1 mol HCl(aq) εκλύονται 20 kJ θερμότητας.

Όταν αντιδρούν 0,002 mol RNH₂(aq) με 0,002 mol HCl(aq) εκλύονται q kJ θερμότητας.

Οπότε:

$$\frac{1 \text{ mol}}{0,002 \text{ mol}} = \frac{20 \text{ kJ}}{q \text{ kJ}} \Rightarrow q = 20 \cdot \frac{0,002}{1} \Rightarrow q = 0,04$$

Επομένως κατά την αντίδραση 0,002 mol της βάσης RNH₂ με 0,002 mol HCl εκλύονται 0,04 kJ ή 40 J θερμότητας.